

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ВОДОРОДОМ НА ФАЗОВЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ТС6¹

Зайнетдинова Г.Т., Рунова Ю.Э., Чернышова А.А.

Руководитель- проф., д.т.н. Скворцова С.В.

ФГБОУ ВПО «МАТИ-Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского», г. Москва,
runova_julia@mail.ru

Настоящая работа посвящена изучению влияния дополнительного легирования водородом на фазовые и структурные превращения в титановых сплавах с β -эвтектоидообразующими стабилизаторами на примере сплава ТС6. Были определены температурно-концентрационные области существования интерметаллидного соединения в сплаве ТС6, легированном водородом.

Проведенные исследования на листах из сплава ТС6(Ti-3Al-7V-4Mo-9,5Cr-1Zr) толщиной 3 мм показали, что дополнительное легирование водородом способствует образованию интерметаллидного соединения, которое имеет сложный химический состав. Он обогащен хромом и обеднен алюминием и молибденом, а содержание ванадия и циркония соответствует среднему химическому составу сплава (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав β -фазы и интерметаллида в сплаве ТС6, легированном водородом

%Н по массе	Фаза	Химические элементы, % по массе				
		Cr	Al	V	Mo	Zr
0,006	β -фаза	11,3	3,2	6,7	4,2	0,9
0,6	Интерметаллид	31,3	1,4	6,6	1,8	1,1
0,8	Интерметаллид	29,4	2,1	5,8	2,8	1,1

Из таблицы видно, что чем больше в сплаве содержится водорода, тем меньше концентрация хрома и других легирующих элементов в интерметаллидной фазе при прочих равных условиях. Так, в сплаве, содержащем 0,6 %Н содержание хрома в интерметаллидной фазе составило 31,3% Cr, а в сплаве с 0,8%Н – 29,4 %. Это подтверждает ранее установленный факт, что водород тормозит диффузию основных легирующих элементов замещения[1, 2].

¹ Основные экспериментальные результаты получены на оборудовании ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии».

На следующем этапе работы были определены температурно-концентрационные области существования интерметаллидного соединения в сплаве ТС6, легированном водородом. Проведенные исследования показали, что при введении в сплав более 0,4% водорода начинается процесс образования интерметаллида. С увеличением количества водорода в сплаве повышается температура $\beta + \text{Ti}_x\text{Cr}_y/\beta$ -перехода (A_{cm}^{H}) и расширяется область существования интерметаллидного соединения. Например, увеличение содержания водорода с 0,6 до 1,0% повышает температуру A_{cm}^{H} с 920°C до 1000°C , соответственно. На основании проведенных исследований был построен фрагмент диаграммы, показывающий изменение фазового состава сплава ТС6 в зависимости от содержания водорода и температуры нагрева (рис. 1).

На следующем этапе работы изучали механизм и кинетику фазовых и структурных превращений в сплаве ТС6 при наводороживании. Для этого после окончания процесса поглощения водорода, образцы выдерживали при равновесном давлении водорода в течение различного времени, и затем охлаждали до комнатной температуры.

Проведенные рентгеноструктурные исследования показали, что под действием водорода наблюдается расслоение β -фазы на два твердых раствора - обогащенный и обедненный водородом (рис. 2).

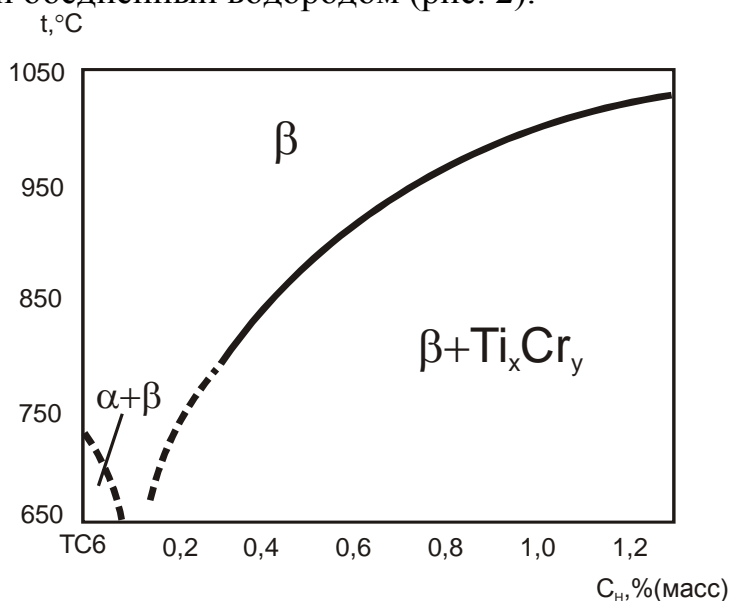


Рисунок 1 - Диаграмма, показывающая изменение линии переменной растворимости интерметаллида TiCr_2 в β -фазе (A_{cm}) в зависимости от содержания водорода в сплаве ТС6.

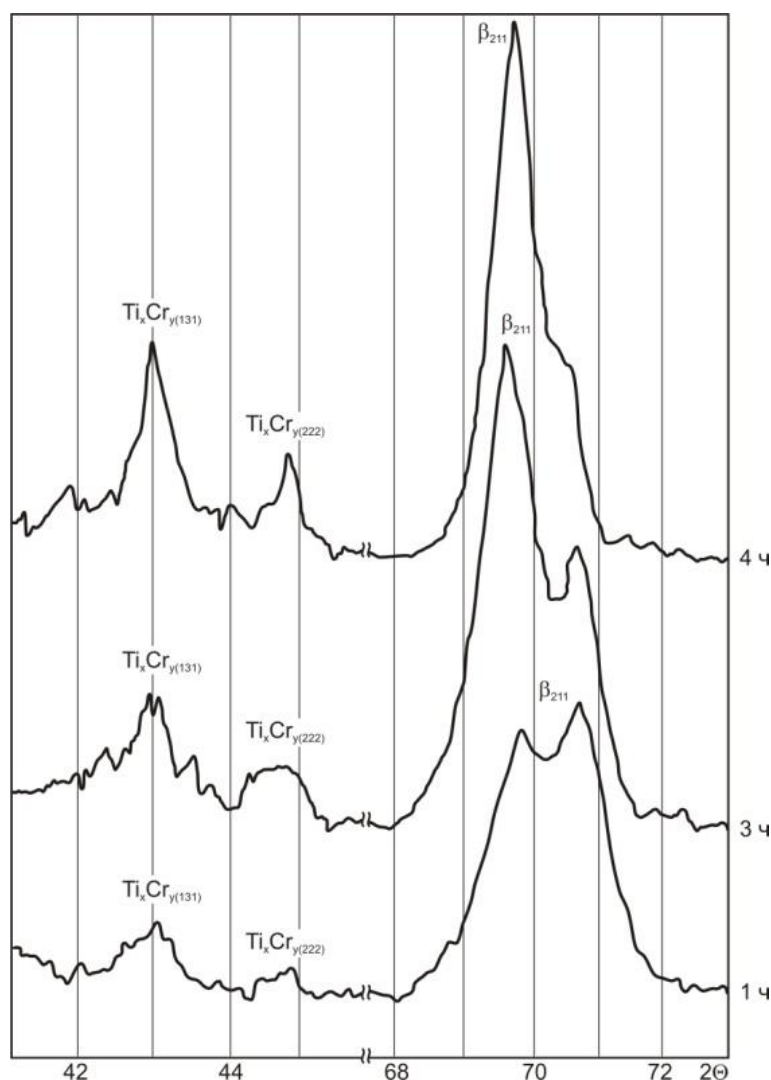


Рисунок 3. Участки дифрактограмм образцов из сплава ТС6 после наводороживания до 0,8% при 700°С и различной изотермической выдержке при равновесном давлении.

По данным рентгеноструктурного анализа были рассчитаны периоды кристаллической решетки двух β -фаз и параметр d/n интерметаллида. Установлено, что с увеличением времени выдержки происходит увеличение количества выделяющейся интерметаллидной фазы, о чем свидетельствует рост интегральной интенсивности ее дифракционных максимумов (рис.3).

Одновременно с увеличением интенсивности отражений от интерметаллида происходит уменьшение интенсивности отражений от β -фазы, расположенных под большими брэгговскими углами и увеличение дифракционных максимумов β -фазы, расположенных под меньшими брэгговскими углами. Это свидетельствует о том, что выделение интерметаллида происходит из микрообъемов β -фазы с меньшим периодом кристаллической решетки, т.е. обедненной водородом и обогащенной хромом.

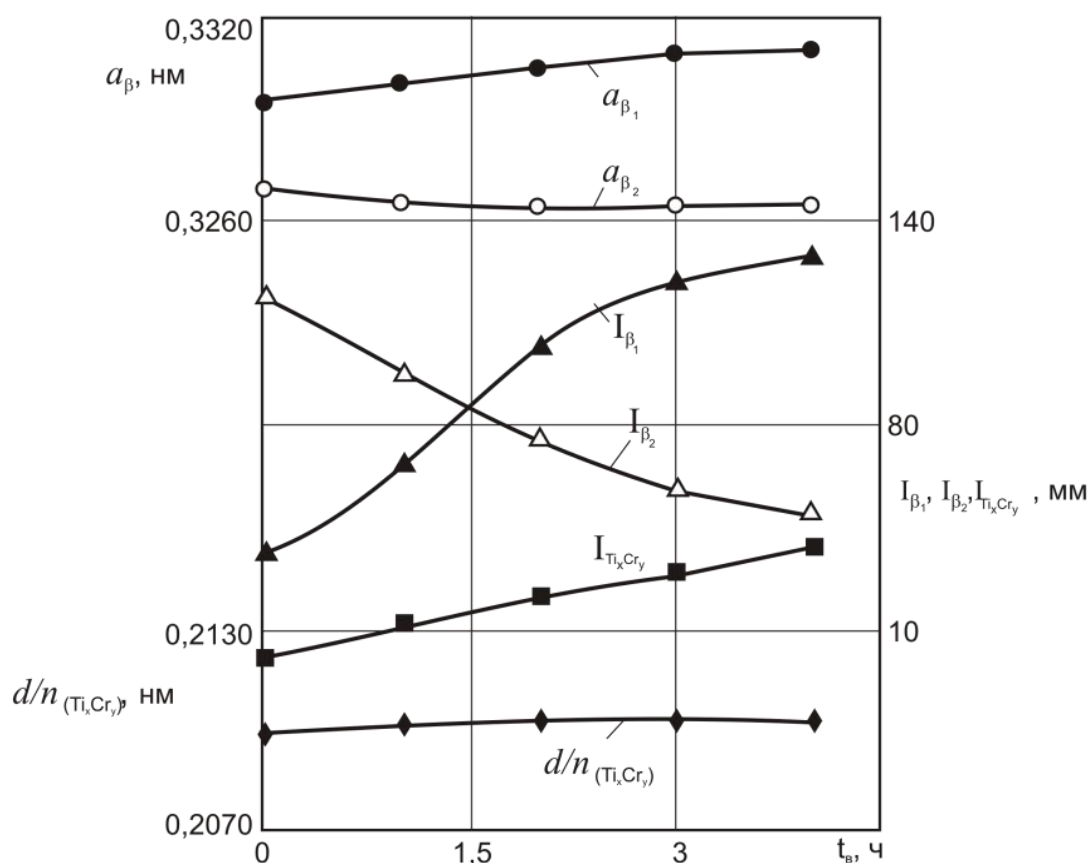


Рисунок 3. Влияние времени изотермической выдержки при 700°C на изменение периода кристаллической решетки β -фазы (a_β), межплоскостного расстояния интерметаллидного соединения ($d/n_{\text{Ti}_x\text{Cr}_y}$) и интенсивности дифракционных максимумов (I_i) β - и Ti_xCr_y фаз образцов из сплава ТС6.

Таким образом, установлено, что в титановых сплавах с β -эвтектоидообразующими стабилизаторами дополнительное легирование водородом снижает стабильность β -фазы по отношению к интерметаллидному соединению и способствует ее образованию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. – М.: Наука, 1994. – 304 с.
2. Водородная технология титановых сплавов / А.А. Ильин, Б.А. Колачев, В.К. Носов, А.М. Мамонов; Под общ. редакцией чл.-корр. РАН А.А. Ильина. – М.: «МИСиС», 2002. – 392 с.